



Efeitos de três programas de treino distintos incidentes no Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE).

Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, com vista a obtenção do 2º ciclo de estudos conducente ao grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento Desportivo ao abrigo do Decreto-lei nº 230/2009, 14 de setembro.

Orientador: Filipe Almeida Viana da Conceição

Pedro Alexandre Valado Gonçalves

Porto, setembro 2018

Gonçalves, P. (2018). *Efeitos de três programas de treino distintos incidentes no Ciclo Alongamento-Encurtamento (CAE)*. Dissertação de Mestrado para obtenção do grau Mestre em Treino de Alto Rendimento Desportivo, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: SALTOS ASSISTIDOS, CICLO ALONGAMENTO-ENCURTAMENTO, PLIOMETRIA, TREINO, SALTOS.

“En el mundo del deporte, para quedar en el mismo sitio, hay que seguir corriendo”.

Agradecimentos

O presente estudo tendo uma manifestação final de caráter individual é a consequência da colaboração e incentivo de um vasto número de pessoas, as quais merecem da minha parte respeito e gratidão.

Sabendo que é pouco, tenho o maior gosto em expressar os meus agradecimentos.

Primeiramente aos meus pais, por tudo. Pela dedicação a mim, incentivo e pelo gosto que têm em proporcionar-me as melhores condições, sempre. Obrigado pelo amor.

Ao Professor Filipe Conceição, pela longa amizade que alimentamos diariamente e por me ter ensinado a aprender. Obrigado pela disponibilidade e vontade com que partilha o seu conhecimento; será sempre o meu Mestre.

Ao Engenheiro Pedro Gonçalves, pelo contributo que deu a este trabalho e pelas reuniões tardias no gabinete de atletismo.

Aos meus colegas de gabinete Teresa, Marco e Nico pela ajuda e contributo neste trabalho.

Ao Atletismo, e dentro dele ao mestre José Silva, Pedro Guimarães e Branco Lima, por me terem envolvido no atletismo de uma maneira tão bonita e natural. Obrigado pelas discussões sobre métodos de treino e planeamento que vamos tendo pelas pistas.

Aos meus atletas, a todo o “grupo do Filipão” que fazem de mim um treinador orgulhoso. É desafiante trabalhar com vocês.

Aos meus amigos, Tiago e David que de uma forma bem ativa me incutem a vontade de querer sempre mais e mais. Espero que os anos de amizade que já temos ainda sejam poucos.

À minha namorada Andreia, pela força e carinho que me deu durante este processo. És um exemplo de dedicação à vida.

À Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, por todos estes anos de ensinamento, em especial ao gabinete de atletismo e ao LABIOMEPE.

Aos professores que tive durante toda a minha vida, cada um de vós acrescentou um pouco em mim.

Índice geral

Agradecimentos	V
Índice geral	VII
Índice de figuras	IX
Índice de tabelas	XI
Resumo	XIII
Abstract	X
Abreviaturas	XII
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura	3
2.1 Definição de força	3
2.2 RFD (taxa de produção de força)	7
2.3 Modelo de Hill e a sua contribuição	9
2.3.1 Contribuição de Hill	9
2.3.2 Modelo Muscular de Hill	9
2.4 Ciclo alongamento encurtamento	11
2.5 Saltos assistidos	15
3. Objetivos	19
3.1. Objetivos	19
3.2. Hipóteses	19
4. Material e Métodos	21
4.1. Caracterização da amostra	21
4.2. Protocolo experimental	23
4.2.1 Material utilizado	29
4.3 Procedimentos e Recolha de dados	31
4.4 Tratamento de dados	31
4.5 Procedimentos estatísticos	32
5. Resultados	35
5.1 Análise Intragrupo nos 3 momentos de avaliação das 3 variáveis.	35
5.1.1 Altura de salto	36
5.1.2 Tempo de voo	37
5.1.3 Velocidade do Takeoff	38

5.2	Resultados do teste Kruskal Wallis com objetivo de determinar diferenças entre os grupos.	39
5.3	Resultados do teste Mann Whitney com objetivo de identificar diferenças entre grupos no momento final de avaliação.	40
6.	Discussão	43
7.	Conclusões	47
8.	Bibliografia	49

Índice de figuras

Figura 1: Valores de força explosiva em função do tempo. Adaptado de González-Badillo (2002).....	5
Figura 2: Manifestações da força segundo C. Vitori (1988).	7
Figura 3: Modelo de Hill (CEP – componente elástica em paralelo; CES – componente elástica em serie; CC – componente contrátil) Knudson (2003)..	10
Figura 4: Representação esquemática de um sistema exemplar que possibilita a redução do peso corporal.....	16
Figura 5: Curva força-velocidade, representação da zona assistida e da zona não assistida.	17
Figura 6: Mudanças produzidas na curva força-velocidade. Adaptado de González-Badillo (2002).....	18
Figura 7: Exemplo de uma repetição de um CMJ.	23
Figura 8: Ilustração do protocolo experimental.....	29
Figura 9: Sistema de elásticos que permite a redução do peso corporal.	30
Figura 10: Balança utilizada para medição do peso corporal.	30
Figura 11: Representação temporal do estudo.	31
Figura 12: Representação de uma curva de CMJ do programa Matlab.	32
Figura 13: Altura de salto (cm), comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$. .	36
Figura 14: Tempo de voo, comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$	37
Figura 15: Velocidade ao takeoff (m/s), comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$	38

Índice de tabelas

Tabela 1: Caracterização da amostra - idade (anos), altura (cm), peso (kg) e grupo pertencente no estudo. Grupo assistido (GA); grupo controlo (GC); grupo pliométrico (GP) e grupo tradicional (GT).....	21
Tabela 2: Programa de treino dos distintos grupos relativo às semanas 2, 3, 4 e 5.	26
Tabela 3: Programa de treino dos distintos grupos relativo às semanas 7, 8, 9 e 10.	27
Tabela 4: Tempo de aplicação de força para alguns desportos. Adaptado de (Taber et al., 2016).....	28
Tabela 5: Médias e desvios padrão relativos à altura de salto dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.	37
Tabela 6: Médias e desvios padrão relativos ao tempo de voo dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.	38
Tabela 7: Médias e desvios padrão relativos à velocidade do takeoff dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.	39
Tabela 8: Valores de p para a variáveis tempo de voo, altura de salto e velocidade de take-off. Diferenças significativas $p < 0.05$	39
Tabela 9: Valor de p encontradas para a variável altura de salto entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p < 0.05$	40
Tabela 10: Valor de p encontradas para a variável tempo de voo entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p < 0.05$	40
Tabela 11: Valor de p encontradas para a variável velocidade do takeoff entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p < 0.05$	41

Resumo

O termo “Pliométrico” provem do grego *Plyethein*, que significa “aumentar”, e *Metrique*, que significa “comprimento”.

O treino pliométrico é um método comumente utilizado para maximizar a produção de força baseado na utilização do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) muscular. Este tipo de treino é visto como a ponte entre a força e a potência.

Este estudo teve como objetivo determinar os efeitos no CAE de três programas de treino pliométrico diferentes com uma duração de 11 semanas, sendo três de avaliação (primeira, quinta e decima primeira semanas) e 8 de treino (da segunda à quinta semana e da sétima à decima). Participaram 24 estudantes da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto Os quais foram divididos em 4 grupos, 9 sujeitos no grupo assistidos (GA), 7 sujeitos no grupo pliométrico (GP), 6 sujeitos no grupo tradicional (GT) e 2 sujeitos no grupo controlo (GC).

Recorremos ao teste estatístico Kruskal Wallis de medidas independentes e Friedman de medidas repetidas para verificarmos se existiam diferenças significativas entre os grupos entre os diferentes momentos nas três variáveis estudadas em cada momento. Posteriormente quando eram detetadas diferenças foi usado o Mann Whitney para determinar entre que grupos havia diferenças significativas e Wilcoxon para os momentos. O valor de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0.05$.

Os resultados indicam que os três programas de treino obtiveram melhorias significativas nas variáveis altura de salto e tempo de voo. Na velocidade do takeoff, apenas o GP logrou diferenças significativas. Os grupos assistidos e tradicionais melhoram a altura de salto e o tempo de voo; o treino pliométrico melhora todas as variáveis estudadas.

O treino tradicional promove alturas de salto e tempos de voo superiores ao treino assistido.

Palavras-chave: SALTOS ASSISTIDOS, CICLO ALONGAMENTO-ENCURTAMENTO, PLIOMETRIA, TREINO, SALTOS.

Abstract

The term "plyometric" comes from the Greek *Plyethein*, which means "increase," and *Metrique*, which means "length."

Plyometric training is a commonly used method to maximize strength production based on the use of the stretching-shortening cycle (SSC). This type of training is seen as the bridge between strength and power.

This study aimed to determine the effects on the SSC of three different plyometric training programs with a duration of 11 weeks, being 3 of evaluation and 8 of training. Twenty-four students of the Sports Faculty of the University of Porto were involved in the study divided into 4 groups: Assisted Group (GA), Plyometric Group (GP), traditional group (GT) and control group (GC).

Kruskal Wallis test of independent measures and Friedman of repeated measures were used to verify if there were significant differences between the groups on the different moments in the three variables studied. Later when the differences were detected the Mann Whitney was used to determine between which groups there were significant differences and Wilcoxon for the moments. The significance value was established in $\alpha \leq 0.05$.

The results indicate that the three training programs have achieved significant improvements in the jump height and flight time variables. At the speed of takeoff, only the GP has achieved significant differences. Assisted and traditional groups improve the jump height and flight time; plyometric training group improves all variables studied.

It was concluded that traditional training method promotes jump heights and flight times higher than assisted training.

Keywords: ASSISTED JUMPS, STRETCHING-SHORTENING CYCLE (SSC), PLYOMETRICS, WORKOUT, JUMPS.

Abreviaturas

*_1 Avaliação inicial

*_2 Avaliação intermédia

*_3 Avaliação final

CAE Ciclo alongamento encurtamento

DRFD Taxa de produção de força conseguida em condições dinâmicas

GA Grupo assistido

GC Grupo controlo

GP Grupo pliométrico

GT Grupo tradicional

IRFD Taxa de produção de força conseguida em condições isométricas

ms Milissegundos

RFD Rate of force development – Taxa de produção de força

RFDmáx Máxima taxa de produção de força

1. Introdução

Atualmente, com a quantidade de informação e conhecimento disponível sobre planeamento e metodologia de treino é muito importante compreender o treino da força e como aplicá-lo ao longo da época desportiva, de forma a otimizar os resultados desportivos tendo em conta a especificidade dos movimentos habituais em cada modalidade.

O termo “Pliométrico” provem do grego *Plyethein*, que significa “aumentar” e *Metrique*, que significa “comprimento” (Wilt, 1978).

A pliometria é uma técnica de treino muito utilizada por muitos treinadores hoje em dia. É vista como uma ponte entre a força pura e a potência. O termo pliométrico pode usar-se para descrever qualquer exercício que permita aos atletas aproveitar o ciclo alongamento-encurtamento (CAE) para produzir movimentos explosivos.

No campo do treino a força assume-se como capacidade motora principal no rendimento desportivo, na busca incessante de uma aplicação da força eficaz e eficiente para a obtenção dos melhores resultados possíveis.

Para os treinadores, preparadores físicos e atletas a taxa de produção de força (RFD) tornou-se uma ferramenta útil para avaliação sistemática e guia na procura da melhor prescrição de treino para cada atleta.

A RFD reflete a capacidade de um determinado grupo muscular gerar força explosiva (Aagaard et al., 2010). Também nas atividades diárias, na postura correta e na locomoção a RFD está presente (Aagaard et al., 2011).

Yuri Verkhoshanski, um grande treinador e investigador soviético escreveu muito sobre a área da pliometria sendo conhecido como o pai da pliometria.

Observando atletas de triplo salto, Verkhoshanski (1966) apercebeu-se que os que tinham melhores resultados eram aqueles que “gastavam” menos

tempo nos apoios no chão. A partir dessa observação nasceu a pliometria como a conhecemos na atualidade.

A grande maioria dos gestos desportivos recorrem ao ciclo alongamento-encurtamento, ou seja, quando a contração concêntrica é precedida de um alongamento muscular, contração excêntrica a força, potência e o trabalho produzidos são maiores do que uma contração concêntrica sem pré alongamento (Cavagna, 1968; Bosco e Komi, 1979; Edman et al., 1978). Esta é uma componente natural da função muscular, esta presente nas actividades diárias observando-se fenómenos como (a) a pré-activação e (b) a activação variável dos músculos que precedem a fase funcional de um determinado movimento (Komi, 2000), os quais são decisivos para o rendimento desportivo. Esta é a principal razão deste trabalho e o motivo pelo qual hoje em dia, o trabalho pliométrico esteja tão presente nas rotinas diárias de treino e esteja tão difundida pelo mundo foraseja tão aceite. É um trabalho que se centra fundamentalmente na capacidade reativa do sistema neuromuscular, muito relacionada com a elasticidade muscular.

Verkhoshansky (2006), definiu a capacidade reativa como a capacidade específica de desenvolver um impulso elevado de força imediatamente depois de um brusco estiramento mecânico muscular, isto é, a capacidade de passar rapidamente do trabalho muscular excêntrico ao trabalho muscular concêntrico

2. Revisão da Literatura

2.1 Definição de força

Do ponto de vista mecânico de acordo com Newton, a força é toda a causa capaz de modificar o estado de repouso ou do movimento de um corpo.

No âmbito desportivo entende-se como a capacidade de produzir tensão no musculo quando este é ativado, ou, como se entende habitualmente, quando contrai. A nível estrutural, a força relaciona-se com o numero de pontes cruzadas de miosina que podem interatuar com os filamentos de actina (Goldspink & Harridge, 1992).

Knuttgen e Kraemer (1987) definiram força no âmbito desportivo como sendo a máxima tensão manifestada pelo músculo ou conjunto de músculos, a uma determinada velocidade.

Para Harman (1993) a definição mais precisa de força é a habilidade para gerar tensão sob determinadas condições definidas pela posição do corpo, o movimento em que é aplicada a dita força, tipo de contração (concêntrica, excêntrica, isométrica, pliometrica) e a velocidade utilizada no movimento.

No âmbito desportivo, não basta olhar para a força como medida única, importa também perceber durante quanto tempo conseguimos aplicar essa força. O melhor exemplo disso são os corredores de 100m, que são capazes, em períodos muito curtos de apoio (100 a 120 ms) de aplicar no solo grandes magnitudes de força. Tendo isto em consideração, a força de um desportista pode definir-se como “a máxima tensão manifestada pelo músculo, num determinado período”.

Nas diversas modalidades desportivas, o tempo disponível para aplicar o máximo de força possível é muito reduzido. Como exemplo podemos comparar o salto em comprimento, em que o tempo da chamada é da ordem dos 110 – 160 ms; já no salto em altura o tempo de chamada é 180 - 220 ms; numa corrida de velocidade como os 100 metros, os tempos de apoio rondam os 80 a 120 ms

(Dapena & Chung, 1988; Kuitunen et al., 2002; Zatsiorsky & Kraemer, 2006). Nestes casos o atleta recorre ao ciclo de alongamento encurtamento, sendo alguns classificados como ciclo de alongamento encurtamento de curta duração e outros de longa duração.

Com base nestes tempos de aplicação de força define-se força útil, como a força que o atleta é capaz de utilizar efetivamente nos curtos períodos em que realiza o seu movimento desportivo.

No espectro das definições em torno da força encontramos igualmente as manifestações de força. Nesse sentido Tillin (2012), divide a força em duas em duas componentes:

- Força máxima, produzida pela contração voluntária do músculo.
- Força explosiva, capacidade muscular para aumentar a produção de força rapidamente a partir de um estado de repouso

Já Vitori (1990), divide a força em dois tipos de manifestação:

- a) Ativa: corresponde a um ciclo simples de trabalho muscular (excêntrico ou concêntrico);
- b) Reativa: corresponde a um ciclo duplo de trabalho muscular (excêntrico seguido de imediato de concêntrico).

Fazem parte das manifestações ativas a força máxima dinâmica e a força explosiva.

Quando falamos de força máxima dinâmica, falamos da expressão máxima de força, que um atleta desenvolve perante uma resistência que só consegue mover uma vez e a uma velocidade muito lenta. Temos presente, que esta apenas depende da componente contrátil do músculo. Um exemplo simples desta manifestação de força será a realização de uma repetição com o máximo de peso possível no agachamento completo. Assim, teríamos a expressão máxima da força dinâmica relativamente aos membros inferiores. Embora o

gesto do agachamento completo produza um ciclo alongamento-encurtamento (CAE) e, por isso, uma ativação pliométrica, devido a baixa velocidade e tempo prolongado na transição do excêntrico para o concêntrico (atraso eletromecânico) a fase concêntrica não beneficia do alongamento prévio. Concluindo, o que se manifesta e se mede neste caso é um valor de força muito alto e uma velocidade muito lenta, em nada depende da elasticidade muscular (Badillo & Ayestarán, 2002).

No que diz respeito a força explosiva (RFD) a qual se faz representar na curva força-tempo, encontramos a sua máxima expressão onde o declive na curva é maior, RFD máxima (RFD Máx). É ali onde se produz o maior crescimento de tensão muscular por unidade de tempo. A literatura científica é unanime na afirmação de que ela ocorre aos 100ms sendo condição, o valor da força produzida, ser igual ou superior a 30% da força isométrica máxima (Häkkinen et al., 1984).

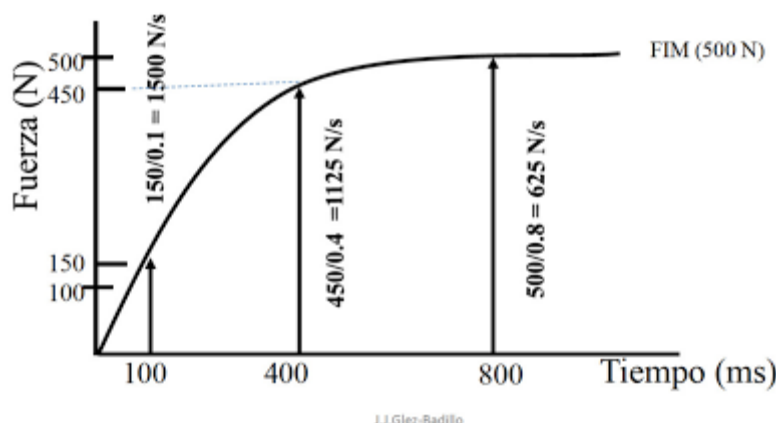


Figura 1: Valores de força explosiva em função do tempo. Adaptado de González-Badillo (2002).

Esta manifestação de força relaciona-se com a habilidade que o sistema neuromuscular tem para desenvolver uma grande velocidade de ação ou criar uma forte aceleração na expressão da força. A força explosiva está presente em todas as manifestações de força. Dita força, sem pré-estiramento, depende em grande medida da capacidade contrátil, isto é, da força máxima dinâmica e a sua manifestação baseia-se na capacidade de desenvolver um grande nível de força

através do recrutamento e sincronização instantâneos do maior número de unidades motoras possível (Badillo & Ayestarán, 2002).

A força explosiva pode ser medida através do salto vertical sem contramovimento. A altura de salto depende da velocidade do *takeoff*, que por sua vez depende da capacidade do sujeito para aplicar força rapidamente (Badillo & Ayestarán, 2002).

Das manifestações reativas fazem parte a força elástico-explosiva e a força reflexo-elástico-explosiva, representando estas o ciclo de alongamento encurtamento de longa e curta duração.

A força elástico-explosiva, à semelhança do que acontece com a força explosiva, apoia-se nos mesmos fatores com a adição importante da componente elástica que tem como efeito o estiramento prévio. Por isso, a importância da componente contrátil e dos mecanismos de recrutamento muscular, é menor. O resultado relativo a esta manifestação deve-se, em parte, à elasticidade.

No caso da força reflexo-elástico-explosiva é-lhe adicionada, relativamente à anterior, uma componente de facilitação neural chamada de reflexo miotático e sobretudo o fenómeno da potenciação da força. O reflexo miotático não passa de um ciclo de alongamento-encurtamento (CAE) mas mais rápido e com um atraso eletromecânico (fase de transição) muito curta. Disse Grosser (1992), que este tipo de força só se manifesta se o tempo do CAE for inferior de 200 milésimos de segundo.

Vittori (1990), distingue como manifestação desta força dos CAE, os lentos que têm uma duração em torno dos 240 milésimos de segundo (um salto com contramovimento (CMJ) com ajudas dos braços, por exemplo), e os rápidos, que demoram até 160 milésimos de segundo (por exemplo uma série de saltos consecutivos com a mínima flexão dos joelhos).

VALORACIÓN DE LA FUERZA Y SUS APLICACIONES AL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO Y LA SALUD
MANIFESTACIONES DE LA FUERZA

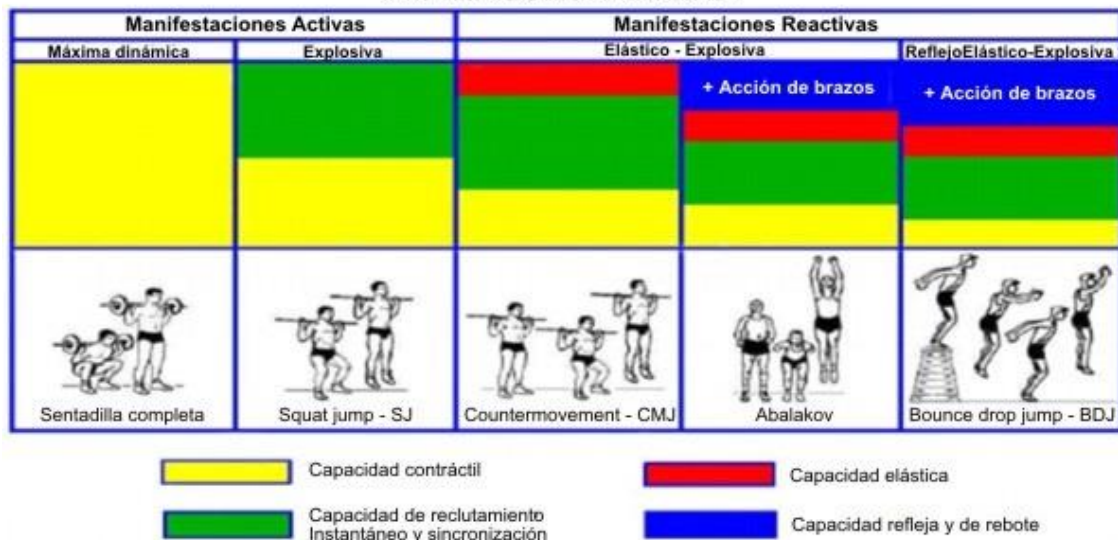


Figura 2: Manifestações da força segundo C. Vitori (1988).

A força e o seu desenvolvimento são um fator decisivo em todas as atividades desportivas, sendo em muitas delas o fator determinante. Desenvolvida corretamente, nunca terá um papel prejudicial na carreira de um desportista. Apenas um trabalho de força mal orientado, que não tenha em atenção as características do desporto e do próprio atleta pode influenciar negativamente o rendimento específico (Badillo & Ayestarán, 2002).

2.2 RFD (taxa de produção de força)

A RFD, força explosiva estão intrinsecamente relacionadas na parte inicial da contração muscular. A RFD tem sido utilizada como maneira de avaliar a capacidade de um grupo muscular em gerar força explosiva, força essa, fundamental no rendimento desportivo (Andersen et al., 2010).

Aargaard (2002) realizou aquele que é um dos estudos mais importantes sobre a RFD. Definiu a RFD como o declive de curva força-tempo obtidos sob condições isométricas (IRFD) ou em condições dinâmicas (DRFD). Ainda

segundo este autor este parâmetro usa-se habitualmente para medir a capacidade de gerar força muscular rápida, i.e., força explosiva.

Na grande maioria dos movimentos envolvidos no desporto (lançamentos, saltos, corridas) e nas situações da vida diária, os movimentos têm uma curta durabilidade, entre os 50 – 150 ms; desta forma o tempo que temos disponível não permite que valores de força máxima sejam alcançados (Aagaard et al., 2002)

O tamanho dos músculos e o tipo de fibras desempenham um papel importante na RFD. A frequência de disparo do impulso nervoso está relacionada com a composição do diferente tipo de fibras musculares (Aagaard et al., 2002).

Estes mesmo autores afirmam que as fibras tipo II (cadeia pesada de miosina), que têm uma velocidade de condução elevada e tempos de contração rápidos, são responsáveis pelos maiores valores de RFD. Vários autores durante muitos anos procuraram esta relação entre os tipos de fibras e a RFD (Aagaard & Andersen, 1998; Andersen et al., 2010).

A RFD, desde o início da contração muscular, é afetada por diferentes parâmetros fisiológicos dependendo do intervalo de tempo que estejamos a avaliar. Numa fase inicial, a RFD é influenciada pelas propriedades contráteis intrínsecas do músculo; quando a RFD é avaliada numa fase tardia está intimamente ligada com fatores que determinam a força máxima (Andersen & Aagaard, 2006).

Tanto a fase inicial como a fase tardia da RFD, se sujeitas a diferentes estímulos e diferentes programas de treino, irão apresentar alterações, este tipo de informação é muito importante para o tipo de planeamento do treino de força que os treinadores desejam aplicar com os seus atletas, em função da sua modalidade desportiva (Aagaard et al., 2002).

2.3 Modelo de Hill e a sua contribuição.

2.3.1 Contribuição de Hill

Archibald Vivian Hill (1886 – 1977), fisiólogo britânico, foi prémio nobel da Fisiologia e Medicina em 1922 e considerado “o gigante no campo da fisiologia do exercício”. Na década de 1920 trouxe muito reconhecimento à disciplina de fisiologia através dos seus artigos e palestras. Foi-lhe reconhecida uma grande autoridade na área da atividade muscular, e, ainda nos dias que correm, a fisiologia beneficia do seu conhecimento e das suas descobertas científicas. Os estudos que mais contribuíram cientificamente foram nas áreas de calorimetria do músculo, fisiologia do exercício e mecânica muscular (Bassett, 2002).

Hill introduziu muitos conceitos fisiológicos e estabeleceu paradigmas duradouros que, com modificações, ainda hoje estão em uso (Bassett, 2002).

2.3.2 Modelo Muscular de Hill

Apesar da sua antiguidade, o modelo de Hill, continua a ser o modelo dominante usado para compreender a mecânica muscular. Utiliza modelos mecânicos computacionais, formatados para simular o movimento humano (Knudson, 2007).

Este modelo representa-se por três componentes fundamentais:

- 1- Uma componente contráctil, responsável pela produção de tensão ativa (Knudson, 2007).
- 2- Existe também uma componente elástica em série que contem uma porção passiva (constituída pelo tendão) e uma porção ativa (constituída pela elasticidade das pontes cruzadas e das próprias miofibrilas musculares) (Shorten, 1987b). Esta porção designa-se ativa porque varia

de acordo com a tensão produzida pela componente contráctil independentemente do seu comprimento (Shorten, 1987b).

- 3- Uma componente elástica em paralelo, formada por outras estruturas que envolvem o músculo, como por exemplo o epimísio, endomísio, perimísio e sarcolema (Bartlett, 1999). Esta componente tem como principal função a manutenção da tensão passiva quando o músculo está inativo (Shorten, 1987b).

O modelo clássico de Hill (1938) era constituído apenas por um elemento elástico ligeiramente amortecido, em série com um elemento contráctil não linear (Bassett, 2002). Apenas em 1939 foi compreendido o conceito que conjuga a articulação entre elementos contráteis em série e em paralelo, com os elementos elásticos (Katz, 1939).

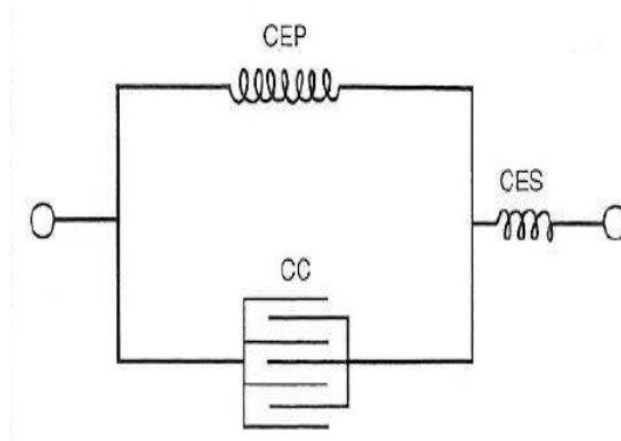


Figura 3: Modelo de Hill (CEP – componente elástica em paralelo; CES – componente elástica em série; CC – componente contráctil) Knudson (2003).

Podemos fazer várias generalizações funcionais acerca do comportamento mecânico dos músculos baseado na figura acima:

Primeiro, existe elasticidade (tecido conjuntivo) na produção de tensão no musculo ativo, modelada pela componente elástica em serie. A origem de tal elasticidade em série é provavelmente uma mistura dos filamentos de actina e miosina, a rigidez das pontes cruzadas, a falta de uniformidade dos sarcómeros e outras componentes do tecido conjuntivo dos sarcómeros (Knudson, 2007).

Segundo, a tensão passiva do músculo relaxado que é facilmente sentida em exercícios de flexibilidade, afeta o movimento nos limites da amplitude articular do movimento (Knudson, 2007).

Terceiro, a tensão muscular resulta da interação complexa entre as origens ativas e passivas do tendão (Knudson, 2007).

2.4 Ciclo alongamento encurtamento

Usualmente, os diferentes tipos de contrações musculares classificam-se em dinâmicos (concêntrico e excêntrico) e estáticos (isométrico). Mas, esta classificação é demasiado simplista pois só reflete a função natural dos músculos. Se observarmos o que realmente acontece enquanto caminhamos, corremos ou saltamos, vemos que os músculos realizam contrações musculares, que a uma contração excêntrica (por exemplo: estiramento do quadríceps no início da fase de apoio de um passo), se segue de imediato uma contração concêntrica (exemplo: a contração concêntrica do quadríceps durante a fase final do apoio). Esta combinação entre a fase excêntrica e a fase concêntrica denomina-se ciclo alongamento encurtamento (stretch-shortening cycle) (Komi, 1984; Norman & Komi, 1979).

É sabido cientificamente que ante uma contração muscular concêntrica antecedida de uma fase de alongamento excêntrica, a força, a potência e o trabalho produzidos serão maiores do que numa contração sem pré-estiramento (Bosco & komi, 1979; Cavagna et al., 1968; Edman et al., 1978).

No âmbito do desporto e do treino, chama-se contração pliométrica ao ciclo alongamento encurtamento (GonzalezBadillo & Ayestarán, 1995).

Durante este CAE a energia elástica é armazenada nos tendões durante a fase excêntrica do movimento (no alongamento muscular) e na fase de encurtamento é reutilizada e assim potencia o resultado final (Cavagna et al., 1964; Cavagna et al., 1965).

O CAE - o principal responsável - quando falamos de corridas de velocidade e saltos, é induzido no complexo musculo-tendão nos membros inferiores, em ações repetidas de alongamento e encurtamento muscular. O facto de se observar uma pré-ativação muscular antes do instante de receção, um alongamento curto e rápido e uma transição imediata entre a fase excêntrica e a fase concêntrica, torna esse género de exercícios muito efetivos na melhoria da força dinâmica (Conceição, 2004).

Quanto menos tempo for perdido na transição entre a fase excêntrica e a fase concêntrica do movimento, mais energia elástica conseguimos transmitir (Manso et al., 1996).

A melhoria da força após estiramento observada no CAE pode ser explicada, em parte, pela redução do tempo do atraso eletromecânico e pelo aumento dos níveis de ativação muscular causado pelo reflexo de estiramento, e pela elasticidade do tendão e músculos, que ocupa um papel importante (Bosco & komi, 1979; Shorten, 1987a).

Asmussen e Petersen (1974) afirmou que a participação de todos estes fatores implica uma elevada eficácia mecânica, pois se alcança uma maior altura de salto quando este é precedido de um pré-estiramento quando comparado com um salto sem pré-estiramento. Este pré-estiramento representa também uma maior ativação electromiográfica (aumenta em torno de 35%) na musculatura implicada, sem causar um maior gasto energético.

Não se sabe com exatidão a razão pela qual a contração concêntrica do CAE é mais eficaz que a contração concêntrica isolada. Alguns autores sugerem que:

Cometti (2007), afirma que quando o músculo é estirado, os recetores nervosos que se encontram no músculo e são sensíveis a esse estiramento se estimulam e que essa estimulação viaja ao longo do nervo desde o músculo até à medula espinal. Na medula acontece uma sinapse com o moto-neurónio que é também estimulado e que envia uma resposta ao músculo; esta resposta nervosa potencia a contração concêntrica. Todo este processo demora cerca de

30 milésimos de segundo e poderá ser um dos responsáveis pela potenciação da resposta de um músculo depois de previamente estirado.

Outra explicação surge de Asmussen e Bonde-Petersen (1974), que afirma que é devido à elasticidade muscular, ou seja à capacidade do músculo para armazenar energia elástica durante o estiramento para ser reutilizada parcialmente na contração realizada imediatamente depois, o que potencia essa mesma contração. Porém, conhece-se muito pouco sobre o modo como se produz o armazenamento de energia elástica no músculo e nos tendões durante o estiramento.

No momento da receção, os tendões são estirados e a energia gerada durante a desaceleração da massa corporal durante o impacto é armazenada como energia de deformação elástica nos tendões. Na fase de propulsão do apoio, os tendões encurtam, sendo libertada a energia de deformação acumulada anteriormente. Embora, de uma forma geral e respeitando os instantes anteriores a fase concêntrica, maiores estiramentos conduzam a maior quantidade de energia armazenada, esta relação não é linear (Conceição, 2004).

Porém, nem toda a energia gerada pelo trabalho de alongamento é armazenada como energia de deformação. A energia elástica armazenada na componente ativa dos elementos elásticos em série está dependente do tempo de ligação das pontes transversas; quando há desunião entre elas a energia é dissipada sob a forma de calor, pelo que nem toda a energia é eficazmente aproveitada (Conceição, 2004).

Entender a mecânica do CAE e perceber como usá-lo a favor dos nossos atletas é essencial para podermos eleger os exercícios pliométricos adequados aos diferentes períodos da época.

A explicação da melhoria da força após o estiramento observada nos CAE pode ser atribuída à redução do tempo do atraso eletromecânico (Norman & Komi, 1979) e ao aumento dos níveis de ativação muscular causado pelo reflexo de estiramento, não negligenciando a elasticidade do tendão e músculo, que também desempenham um papel importante (Shorten, 1987a).

Com base na atividade elétrica muscular, López-Calbet (1995) diferencia três fases distintas do CAE, mais concretamente quando se trata de um *drop-jump*.

- A primeira fase chama-se fase de pré-ativação e começa quando os níveis da atividade elétrica do músculo ultrapassam os níveis basais, até ao momento em que o pé entra em contacto com o solo. Esta é a fase aérea (de queda), em que os centros superiores do sistema nervoso central ajustam o grau de pré-ativação e rigidez muscular em função da magnitude de estiramento muscular previsto na queda. Quanto mais alta é a altura de queda, maior é a pré-ativação, resultando numa maior rigidez também. Quanto mais débil for a rigidez muscular prévia, menor é a capacidade de movimento posterior. (López-Calbet et al., 1995)

- A segunda fase, a fase de ativação é onde se inicia a contração excêntrica, que começa após o contacto com o solo e termina com o estiramento muscular. Neste momento surgem picos de grande amplitude na atividade elétrica muscular, devido a resposta voluntária dos fusos musculares sensíveis ao estiramento e ao reflexo miotático. Estas causas facilitam a ativação dos músculos que são submetidos ao estiramento (Kilani et al., 1989).

Kinali et al. (1989) provou que há uma relação direta entre o reflexo miotático e a altura de salto, quando neste, os músculos implicados são sujeitos a um pré-alongamento.

Na presença de estiramentos importantes, quando a altura de queda é muito elevada, também se ativa o reflexo tendinoso dos órgãos de Golgi, que têm uma ação contrária ao reflexo miotático para proteger a integridade muscular do sujeito. Sabe-se também, que quanto menor for o tempo entre a fase excêntrica e a concêntrica, maior é a capacidade do aparelho contrátil para gerar mais força posteriormente; a isto se chama efeito de potenciação (López-Calbet et al., 1995).

- A terceira fase, fase de contração muscular concêntrica, onde a energia que foi armazenada durante a fase excêntrica é usada. Para que esta energia

seja usada de forma ótima e se dissipe o menos possível, a fase concêntrica deve suceder-se de imediato à fase excêntrica. Se tal não acontecer a energia armazenada é dissipada (Mouche, 2001).

2.5 Saltos assistidos

O treino de saltos assistidos está longe de ser uma novidade. O seu uso remonta aos anos 70. Porém, pouca investigação e aplicação prática do método se têm realizado.

Para o treino de saltos assistidos é necessário um sistema externo composto por bandas elásticas. Este treino consiste em utilizar um cinto atado à cintura do atleta o qual está unido a bandas elásticas, que são tracionados através de um sistema de roldanas, elevando o atleta diminuindo estrategicamente o peso corporal, enquanto se realizam vários exercícios pliométricos.

Em (1972), o italiano Giovanni Cavagna fez o primeiro estudo sobre este tema. Demonstrou que, saltar em condições de gravidade diminuída reduzia o tempo de produção de força quando comparado com condições de salto normais. Sujeitos sob condições de redução de peso, apresentam força de saída semelhantes aos de indivíduos não suspensos, mas num tempo reduzido.

Estes dispositivos reduzem o peso corporal - através de cordões elásticos - e exercícios nestas condições aumentam a velocidade do *takeoff* e permitem que os sujeitos saltem mais alto. Um estudo de Imachi (1994), desenvolveu um estudo com 20 jogadores de voleibol do sexo masculino, divididos em 3 grupos de treino testando a altura do salto com contramovimento (CMJ), após 10 semanas de treino usando protocolos de -10% e - 20% do peso corporal. Os resultados foram claros - os sujeitos pertencentes aos grupos de treino assistido melhoraram substancialmente na altura do salto vertical, relativamente aos sujeitos pertencentes ao grupo de treino em condições normais.

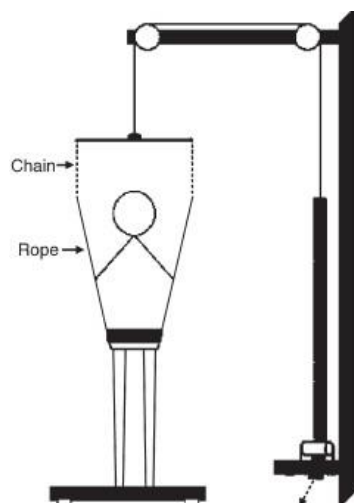


Figura 4: Representação esquemática de um sistema exemplar que possibilita a redução do peso corporal.

As condições promovidas por estes sistemas permitem atingir taxas de disparo musculares mais curtas, velocidades de *takeoff* superiores e por isso melhorias na altura de salto. Estes programas de treino podem ser equiparados ao método desenvolvido na velocidade máxima chamado supra-velocidade, já que neste tipo de trabalhos os atletas são submetidos a velocidades para além do máximo, em condições facilitadoras. Estas velocidades altas desenvolvem uma melhor ativação do sistema nervoso central, diminuindo o mecanismo inibitório do sistema neuromuscular e aumentando a frequência de disparo muscular. Tudo isto não seria possível através dos meios tradicionais de treino. A teoria é que correr mais rápido do que a velocidade a que estamos habituados, desenvolve uma maior velocidade através de uma maior frequência de passo e comprimento de passada. Em teoria, trabalhos com velocidades superiores também se podem aplicar ao salto vertical, porque a altura de salto está relacionada com a velocidade do *takeoff* (Corn & Knudson, 2003; Paradisis & Cooke, 2006).

No estudo de Sheppard (2011) o objetivo foi avaliar os efeitos do treino dos saltos assistidos, tendo como avaliação o CMJ. Participaram 7 jogadores juniores de voleibol em dois grupos de treino distintos, o grupo de saltos assistidos (-10kg) e o grupo de saltos normais. Ambos experimentaram 3 sessões de treino por semana durante 5 semanas tendo o grupo do treino assistido obtido melhorias na altura do CMJ, com um *effect size* (ES) de 1,22.

Melhorar a capacidade de aplicar força num determinado período de tempo de salto é um dos principais objetivos dos treinadores, preparadores físicos e atletas. Neste método podemos usar até -40% do peso corporal (Tran et al., 2011).

O que realmente procura este método é entrar na zona da curva força-velocidade mais à direita possível, onde é impossível entrar sem ajudas externas. A imagem seguinte define as zonas da curva força-velocidade com e sem exercícios assistidos.

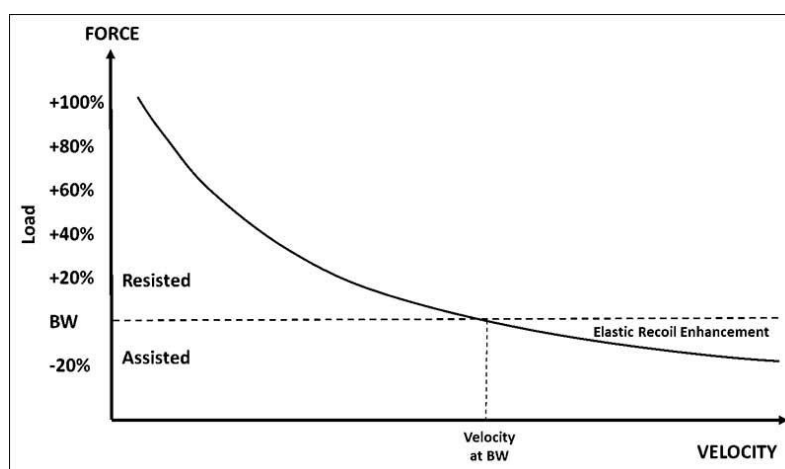


Figura 5: Curva força-velocidade, representação da zona assistida e da zona não assistida.

Com trabalho assistido a curva força-velocidade é empurrada para a direita e para cima. A figura 6 é uma representação deste efeito do treino assistido. Isto significa mover a mesma resistência a uma velocidade maior do que no início, ou mover uma resistência de maior magnitude à mesma velocidade inicial.

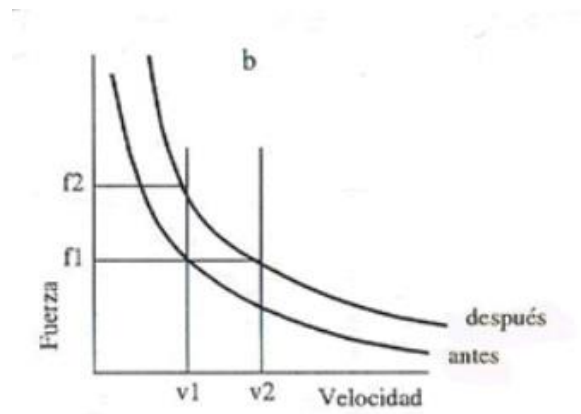


Figura 6: Mudanças produzidas na curva força-velocidade. Adaptado de González-Badillo (2002).

3. Objetivos

3.1. Objetivos

O principal objetivo deste estudo consistiu em determinar os efeitos de três programas de treino pliométrico distintos têm sobre diferentes parâmetros que determinam o CAE, fator determinante do rendimento na grande maioria dos desportos.

Pretendemos descrever as alterações que foram ocorrendo durante 11 semanas do estudo, comparando os valores da avaliação inicial com os da avaliação intermédia e final, pondo à prova diferentes programas de treino que acreditamos que induzam a melhorias do CAE, sendo eles:

1. Treino de saltos tradicionais (*Steps, Hops...*);
2. Treino pliométrico, com peso corporal;
3. Treino pliométrico assistido, reduzindo 10% a 20% do peso corporal;
4. Grupo controlo (não faz qualquer tipo de treino).

3.2. Hipóteses

Foi criado um conjunto de hipóteses para responder aos objetivos propostos. As hipóteses consideradas são:

1. Os três programas de treino (tradicional, pliométrico e assistido), melhoram a velocidade do *takeoff* e por consequência a altura de salto e o tempo de voo;
2. O programa de treino desenvolvido pelo grupo T (saltos tradicionais) é o mais efetivo e melhora em todas as variáveis estudadas;
3. O grupo P (saltos pliométrico com o peso corporal) melhorou a capacidade de salto relativamente aos restantes grupos;

4. O programa de treino aplicado ao grupo A (saltos assistidos com redução do peso corporal), permite uma melhoria em todas as variáveis estudadas.

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da amostra

O presente estudo foi realizado com 24 sujeitos do sexo masculino, que realizaram na totalidade todas as fases do estudo (treinos e avaliações). O programa começou com 52 sujeitos, destes 28 saíram do programa por lesão ou desistência. O estudo considerou apenas os 24 sujeitos acima referidos e que representam 46% do grupo inicial.

Todos os participantes pertenciam ao primeiro ano da licenciatura em Ciências do Desporto, da faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP). Todos os sujeitos eram fisicamente ativos, mas sem experiência prévia em treino pliométrico e em treino de força.

A idade média dos participantes é $19,8 \pm 3,0$ anos, a altura média é de $178,4 \pm 5,7$ cm, e o peso médio é $69,9 \pm 7,3$ kg.

No quadro seguinte estão apresentados os dados relativos à caracterização da amostra, referentes à idade, altura, peso e grupo.

Tabela 1: Caracterização da amostra - idade (anos), altura (cm), peso (kg) e grupo pertencente no estudo. Grupo assistido (GA); grupo controlo (GC); grupo pliométrico (GP) e grupo tradicional (GT).

Sujeito (ID)	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)	Grupo
8	18	178	66	A
9	19	175	74	A
11	18	179	70	A
13	19	175	72	A
25	19	176	64	A
29	19	191	66	A
32	18	182	61	A
35	19	171	57	A
49	21	176	71	A
31	33	172	69	C
41	20	188	86	C
4	19	180	69	P

10	19	174	79	P
15	19	183	76	P
21	20	179	71	P
22	23	168	55	P
37	22	171	78	P
40	19	174	67	P
3	18	180	76	T
19	20	184	78	T
34	19	187	71	T
43	19	180	76	T
51	18	175	64	T
52	18	184	61	T
Média	19,8	178,4	69,9	
DP	3,0	5,7	7,3	

Nenhum dos 24 participantes teve problemas físicos ou de saúde no decorrer de todo o projeto, por isso, os programas de treino foram realizados como previsto.

Numa reunião inicial, informamos os participantes de como iria decorrer o estudo. Foram também esclarecidos sobre a finalidade do mesmo, bem como do treino a que cada grupo seria submetido e sobre os momentos de avaliação programados. Os participantes leram e assinaram de livre vontade um consentimento de participação no estudo.

Para a seleção dos participantes foram postas algumas condições:

- a) Género masculino;
- b) Idade igual ou superior a 18 anos;
- c) Sem experiência prévia em treino de força e pliométrico.

Alguns requisitos que não permitiriam a participação neste projeto:

- a) Indivíduos que tivessem sofrido lesões músculo-esqueléticas nos últimos 6 meses;
- b) Indivíduos que não se comprometessem a cumprir os treinos de cariz pliométrico apenas sobre nossa supervisão.

4.2. Protocolo experimental

Ao longo das 11 semanas em que decorreu este estudo houve 3 momentos de avaliação no decorrer do mesmo, foram realizadas recolha de dados de 3 CMJ para cada sujeito, em cada um dos momentos de avaliação. Estas recolhas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica do Porto (LABIOMEPE), inserido nas instalações da FADEUP.

De 13 a 17 de fevereiro 2017 – avaliação inicial;

De 20 de fevereiro a 17 de março 2017 – primeiras 4 semanas de treino;

De 20 a 24 de março 2017– avaliação intermédia;

De 27 de março a 21 de abril 2017 – segundas 4 semanas de treino;

De 24 a 28 de abril 2017– avaliação final.



Figura 7: Exemplo de uma repetição de um CMJ.

Foram desenhadas rotinas MATLAB para o tratamento de todos os dados recolhidos.

Posteriormente, já depois de tratados, os dados foram analisados estatisticamente utilizando o *software* SPSS.

Este projeto teve a duração de 11 semanas, distribuídas em 5 fases:

1ª fase – Primeira semana: Familiarização e avaliação inicial de 3 CMJ para cada sujeito. Durante esta semana foi definida a altura ótima de salto de cada sujeito para a realização dos *dropjumps* durante o programa de treino.

Para encontrar a altura ótima de salto para cada sujeito, foi aumentada sucessivamente a altura da caixa de queda em 5 cm, sendo que a altura inicial foi 20 cm. Essa altura (da caixa) ia aumentando até ao momento em que a altura do ressalto começasse a diminuir. Nesse caso, a altura ótima da caixa seria a correspondente àquela em que o atleta realizou o ressalto mais alto (Lees & Fahmi, 1994). A altura dos ressaltos foi medida com recurso à aplicação móvel “*Myjump*”, aplicação concebida para medir a altura de salto.

2ª fase – Da segunda à quinta semana: realizaram-se 3 sessões de treino semanais. Durante este período, os grupos foram submetidos a treinos distintos. Cada grupo dedicado ao tipo de saltos que lhe estava destinado: tradicionais, pliométricos ou assistidos.

Durante este período o grupo Controlo não foi submetido a nenhum tipo de programa de treino.

3ª fase – Sexta semana: Avaliação intermédia, todos os sujeitos dos 4 grupos se dirigiam ao LABIOMEF para realizaram 3 CMJ. Foi ajustada a altura ótima de salto de cada sujeito para a realização das seguintes semanas de treino.

4ª fase – da sétima à decima semana: cada grupo foi submetido ao mesmo tipo de saltos, alterando apenas o volume e a intensidade do programa.

5ª fase – Decima primeira semana: última avaliação no LABIOMEF, na qual todos os sujeitos voltaram a realizar 3 CMJ.

Para a realização do programa de treino, os sujeitos foram divididos aleatoriamente pelos 4 grupos (tradicional, pliométrico, assistido e de controlo).

Tabela 2: Programa de treino dos distintos grupos relativo às semanas 2, 3, 4 e 5.

	Semana 2		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	Salto Rã 3x4 rep	Sv (3xb+3xa) 4 rep	Salto horiz pés juntos - 10 rep
	Steps 3x10 rep	Triplo Salto estático 4 rep	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump<60 cm - 4x5 rep	Drop Jump > 60 cm - 4x6 rep	hopping between small hurdles(foot) - 3x6 rep
	Depth jump block - 3 x 6 rep	Jump between hurdles - 3x5reps	Steps between boxes(10-20 cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	SJ with elastic (-10%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (10%) - 4x5 rep	SJ with elastic (10%).- 3x5 reps
	Depth jump block - 4 x 5 rep	Roller Skate.- 3x5reps	Long jump with 5 steps (10%) - 3x4 rep
	Semana 3		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	Salto Rã 3x4 rep	Sv (3xb+3xa) 4 rep	Salto horiz pés juntos - 10 rep
	Steps 3x10 rep	TS estático 4 rep	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump<60 cm - 4x5 rep	Drop Jump > 60 cm - 4x6 rep	hopping between small hurdles(foot) - 3x6 rep
	Depth jump block - 3 x 6 rep	Jump between hurdles - 3x5reps	Steps between boxes(10-20 cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	SJ with elastic (-10%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (10%) - 4x5 rep	SJ with elastic (10%).- 3x5 reps
	Depth jump block - 4 x 5 rep	Roller Skate.- 3x5reps	Long jump with 5 steps (10%) - 3x4 rep
	Semana 4		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	Salto Rã 3x4 rep	Sv (3xb+3xa) 4 rep	Salto horiz pés juntos - 10 rep
	Steps 3x10 rep	TS estático 4 rep	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump<60 cm - 4x5 rep	Drop Jump > 60 cm - 4x6 rep	hopping between small hurdles(foot) - 3x6 rep
	Depth jump block - 3 x 6 rep	Jump between hurdles - 3x5reps	Steps between boxes(10-20 cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	SJ with elastic (-10%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (10%) - 4x5 rep	SJ with elastic (10%).- 3x5 reps
	Depth jump block - 4 x 5 rep	Roller Skate.- 3x5reps	Long jump with 5 steps (10%) - 3x4 rep
	Semana 5		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	Salto Rã 3x4 rep	Sv (3xb+3xa) 4 rep	Salto horiz pés juntos - 10 rep
	Steps 3x10 rep	TS estático 4 rep	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump<60 cm - 4x5 rep	Drop Jump > 60 cm - 4x6 rep	hopping between small hurdles(foot) - 3x6 rep
	Depth jump block - 3 x 6 rep	Jump between hurdles - 3x5reps	Steps between boxes(10-20 cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	SJ with elastic (-10%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (10%) - 4x5 rep	SJ with elastic (10%).- 3x5 reps
	Depth jump block - 4 x 5 rep	Roller Skate.- 3x5reps	Long jump with 5 steps (10%) - 3x4 rep

Tabela 3: Programa de treino dos distintos grupos relativo às semanas 7, 8, 9 e 10.

	Semana 7		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	CMJ w / Arms 3 x 4	SJ a caixa 80 cm 4 x 5	Duplo Pliométrico 10 reps
	Steps 6 x 5	Quintuplo Salto 4 reps	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump a 1 pé <60 cm - 4x5 rep	Double Plyometric from 1 box - 6 reps	Drop Jump <60cm 3 x 5
	Hop - Hop - Step 3 x 6	Jump between hurdles long distances - 4x5reps	Steps between ascendants boxes (5cm - 10cm - 20cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	CMJ with elastic (- 20%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (- 20%) - 4x5 rep	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 3x5 rep
	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 4x5 rep	Roller Skate - 3x5reps	Long jump with 5 steps (- 15%) - 3x4 rep
	Semana 8		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T -Tradicional Jumps	CMJ w / Arms 3 x 4	SJ a caixa 80 cm 4 x 5	Duplo Pliométrico 10 reps
	Steps 6 x 5	Quintuplo Salto 4 reps	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump <60 cm - 4x5 rep	Double Plyometric from 1 box - 6 reps	Drop Jump <60cm 3 x 5
	Hop - Hop - Step 3 x 6	Jump between hurdles long distances - 4x5reps	Steps between ascendants boxes (5cm - 10cm - 20cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	CMJ with elastic (- 20%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (- 20%) - 4x5 rep	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 3x5 rep
	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 4x5 rep	Roller Skate - 3x5reps	Long jump with 5 steps (- 15%) - 3x4 rep
	Semana 9		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T-Tradiciona Jumps	CMJ w / Arms 3 x 4	SJ a caixa 80 cm 4 x 5	Duplo Pliométrico 10 reps
	Steps 6 x 5	Quintuplo Salto 4 reps	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump a 1 pé <60 cm - 4x5 rep	Double Plyometric from 1 box - 6 reps	Drop Jump <60cm 3 x 5
	Hop - Hop - Step 3 x 6	Jump between hurdles long distances - 4x5reps	Steps between ascendants boxes (5cm - 10cm - 20cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	CMJ with elastic (- 20%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (- 20%) - 4x5 rep	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 3x5 rep
	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 4x5 rep	Roller Skate - 3x5reps	Long jump with 5 steps (- 15%) - 3x4 rep
	Semana 10		
	Treino 1	Treino 2	Treino 3
T-Tradiciona Jumps	CMJ w / Arms 3 x 4	SJ a caixa 80 cm 4 x 6	Duplo Pliométrico 10 reps
	Steps 6 x 5	Quintuplo Salto 4 reps	1 leg boundings (hop) - 4x5 rep
P- Plyometric Jumps	Drop Jump <60 cm - 4x5 rep	Double Plyometric from 1 box - 6 reps	Drop Jump <60cm 3 x 5
	Hop - Hop - Step 3 x 6	Jump between hurdles long distances - 4x5reps	Steps between ascendants boxes (5cm - 10cm - 20cm) - 3x5reps
A- Assisted Jumps	CMJ with elastic (- 20%) - 3x5 rep	Rebound 2 legs elastic (- 20%) - 4x5 rep	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 3x5 rep
	Rebound 1 leg elastic (- 20%) - 4x5 rep	Roller Skate - 3x5reps	Long jump with 5 steps (- 15%) - 3x4 rep

Depois de divididos pelos grupos, os sujeitos foram submetidos a diferentes programas de treino (tabela 2 e 3). Todas as sessões de treino foram realizadas no polivalente da Faculdade da Desporto da Universidade do Porto, e todas elas sob a nossa supervisão.

O grupo T (saltos Tradicionais), realizou todos os treinos com o peso corporal inalterado. Todos os exercícios envolviam a utilização do CAE mais lento, usando como exemplo os *Steps* e os *Hops*.

No grupo P (saltos pliométricos), à semelhança do grupo anterior, também o peso corporal durante todos os treinos permaneceu inalterado. Neste caso o CAE relativamente ao grupo anterior será bem mais rápido. Exercícios como o *drop jump* são exemplo disso, e estes eram feitos desde uma caixa cuja altura era determinada no início de cada ciclo de treino.

O Grupo A (saltos Assistidos), o único grupo de estudo em que, em alguns exercícios se utilizava um instrumento para redução do peso em 10% a 20 %. Os exercícios do programa de treino destinados a este grupo incidiam também no CAE. Contudo, neste caso os exercícios eram feitos numa zona da curva força-velocidade a qual não conseguiríamos chegar sem ajuda externa.

Schmidtbleicher (1985) introduziu o termo CAE lento e rápido. O CAE rápido ocorre em tempos de contato de menores 0,25 segundos. O CAE lento tem uma duração superior a 0,25 segundos; esta janela temporal permite um maior tempo para gerar força, predominantemente concêntrica.

A tabela seguinte (tabela 4) apresenta os tempos de apoio que refletem o tempo gasto para completar cada um dos CAE.

Tabela 4: Tempo de aplicação de força para alguns desportos. Adaptado de (Taber et al., 2016).

Tempo de aplicação de força		
Fonte	Tarefa	Tempo (s)
Zatsiorsky y Kraemer (2006)	Tempo de contacto no sprint	0.08–0.10
Zatsiorsky y Kraemer (2006)	Chamada do salto em comprimento	0.11–0.12
Zatsiorsky y Kraemer (2006)	Chamada do salto em altura	0.17–0.18
Zatsiorsky y Kraemer (2006)	Lançamento do dardo (fase final do lançamento)	0.16–0.18
Zatsiorsky y Kraemer (2006)	Lançamento do peso (fase final do lançamento)	0.15–0.18
Schmidtbleicher (1992)	Salto vertical	~ 0.3

Ao grupo C (Controlo) não foi atribuído nenhum programa de treino durante as 8 semanas de treino. Apenas participavam nas avaliações.

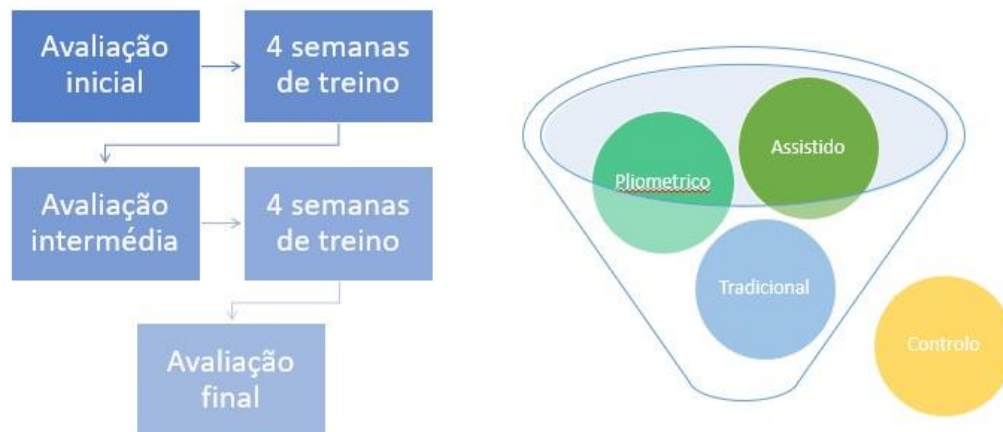


Figura 8: Ilustração do protocolo experimental.

4.2.1 Material utilizado

O material e instrumentação utilizada para a realização deste estudo foi variada.

Relativamente ao treino, foi usado um sistema externo composto por elásticos (figura 9) que tem como objetivo a redução do peso corporal. Este é controlado por uma balança (figura 10) para percebermos com exatidão qual a percentagem de peso corporal que estávamos a retirar ao sujeito antes da execução dos exercícios do programa de treino. Outros materiais utilizados para a concretização dos treinos planeados foram barreiras e caixas de várias alturas.



Figura 9: Sistema de elásticos que permite a redução do peso corporal.



Figura 10: Balança utilizada para medição do peso corporal.

Na recolha de dados foi usada uma plataforma de forças Bertec 60x90 (Bertec Corporation, Columbus, OH, USA) com uma frequência de amostragem de 1000 Hz para recolha dos CMJ de todos os sujeitos nas 3 avaliações. Usámos, como apoio, o software de interface *Qualisys Track Manager* (Qualisys AB, Gotemburgo, Suécia), para confirmar a altura de salto caso algum problema ocorresse com a plataforma de força ou em situações duvidosas.

4.3 Procedimentos e Recolha de dados

A recolha de dados foi feita em três momentos distintos, a primeira na semana que antecedeu o início do programa de treinos, a recolha intermédia após as 4 primeiras semanas de treinos, e por fim, depois das últimas 4 semanas de treino a recolha final.

Avaliação inicial	Semana de treino 1	Semana de treino 2	Semana de treino 3	Semana de treino 4	Avaliação intermédia	Semana de treino 5	Semana de treino 6	Semana de treino 7	Semana de treino 8	Avaliação final
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	----------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----------------

Figura 11: Representação temporal do estudo.

As recolhas de dados (primeira, sexta e décima primeira semanas) foram feitas em apenas uma sessão, depois de todos os sujeitos cumprirem um prévio protocolo de aquecimento e umas repetições de familiarização com o CMJ.

Inicialmente, antes de iniciarem os 3 CMJ da avaliação, foram colocados dois marcadores, um em cada crista ilíaca, para que estes fossem lidos pelo *software Qualisys*.

Seguidamente, cada sujeito executava 3 CMJ ao máximo na plataforma de forças *Bertec*, intervalados por 3 minutos.

O CMJ foi a avaliação escolhida porque Tran e Brown (2012) afirmaram que saltar mais rápido do que o que é possível sem ajudas externas desenvolve uma maior velocidade do *takeoff*, o que significa um aumento da altura de salto.

4.4 Tratamento de dados

Para o tratamento de dados recorreremos a rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab R2016a, (*The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United*

States). O primeiro passo consistiu em converter os ficheiros .qtm para .tsv sendo depois tratados nas rotinas desenvolvidas para esse efeito.

Estas rotinas foram desenvolvidas de maneira adequada para tratar os dados do CMJ provenientes da plataforma de forças e retornar os resultados das variáveis escolhidas para o estudo.

Na figura abaixo apresentada pode-se observar a figura em bruto e a tratada com recurso as rotinas desenvolvidas.

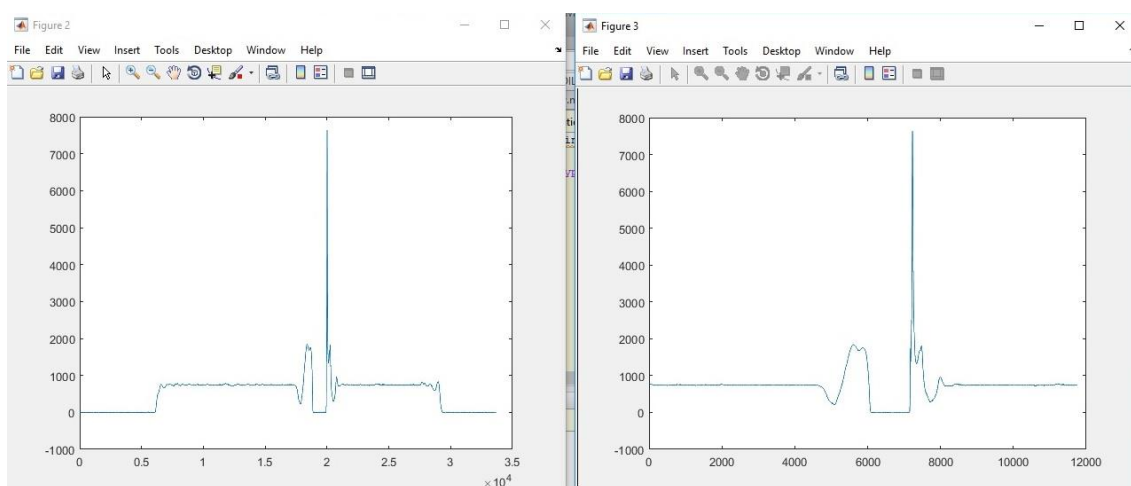


Figura 12: Representação de uma curva de CMJ do programa Matlab.

4.5 Procedimentos estatísticos

Para o tratamento estatístico dos dados recorreremos ao *software* SPSS (*Statistic Package for the Social Sciences*) *Statistics for Windows* versão 21, Armonk, NY: IBM Corp., para cálculo dos valores médios e dos desvios padrões (DP).

A normalidade e homogeneidade da amostra não foi verificada através dos testes Shapiro Wilk e Levene, respetivamente.

Para verificação das diferenças significativas entre grupos nas três variáveis estudadas em cada momento foi usado o teste estatístico Kruskal Wallis de medidas independentes. Depois de verificadas as diferenças estatísticas entre grupos - somente no momento de avaliação final - usou-se o teste estatístico Mann Whitney para determinar em que grupos existiam essas diferenças para as variáveis em estudo.

Uma vez que o estudo decorreu durante 11 semanas e estabelecemos diferentes momentos de avaliação recorremos ao teste de Friedman de medidas repetidas para verificar se existiam diferenças significativas entre os diferentes momentos; quando tal acontecesse, estas diferenças foram testadas através de Wilcoxon. O valor de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0.05$.

5. Resultados

No presente capítulo expomos os resultados relativos às variáveis avaliadas (altura de salto, tempo de voo e velocidade no *takeoff*).

Inicialmente analisámos as 3 variáveis intragrupo para identificar as diferenças ocorridas durante os três momentos de avaliação. Seguidamente, a análise das mesmas variáveis foi feita intergrupos para verificarmos as diferenças entre eles. Consideramos apresentar a média e o desvio padrão.

5.1 Análise Intragrupo nos 3 momentos de avaliação das 3 variáveis.

As seguintes figuras (13, 14 e 15) apresentam a análise das diferenças entre os três momentos de avaliação dentro de cada um dos grupos relativamente à altura de salto, ao tempo de voo e a velocidade do *takeoff* respetivamente. Nas tabelas 4, 5 e 6 são apresentadas as respetivas médias e desvios padrão.

5.1.1 Altura de salto

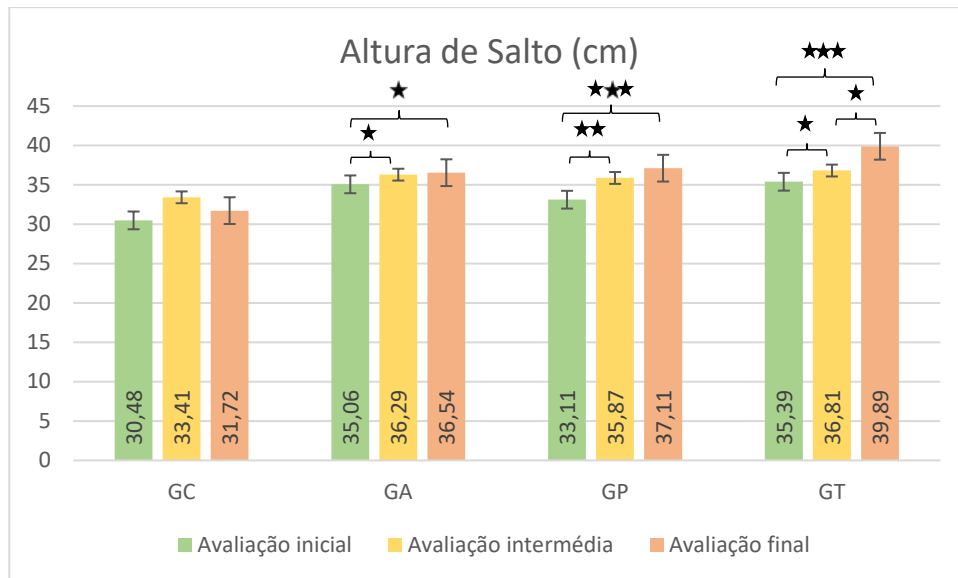


Figura 13: Altura de salto (cm), comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

O grupo assistido (GA) apresentou diferenças significativas entre o momento de avaliação inicial e o da avaliação intermédia, bem como o grupo pliométrico (GP). Já o grupo tradicional (GT) apresentou diferenças significativas entre todos os momentos de avaliação.

GA_1 (avaliação inicial) com GA_2 (avaliação intermédia) $p=0,049$;

GA_1 com GA_3 (avaliação final) $p=0,021$;

GP_1 com GP_2 $p=0,004$;

GP_1 com GP_3 $p=0,000$;

GT_1 com GT_2 $p=0,010$;

GT_1 com GT_3 $p=0,000$;

GT_2 com GT_3 $p=0,035$

Tabela 5: Médias e desvios padrão relativos à altura de salto dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.

	Altura de salto (cm)			
	GC	GA	GP	GT
Avaliação inicial	30,48 ± 4,15	35,06 ± 6,66	33,11 ± 5,27	35,39 ± 6,43
Avaliação intermédia	33,41 ± 2,29	36,29 ± 7,34	35,87 ± 6,01	36,81 ± 6,79
Avaliação final	31,72 ± 1,79	36,54 ± 7,19	37,11 ± 5,04	38,89 ± 5,80

5.1.2 Tempo de voo

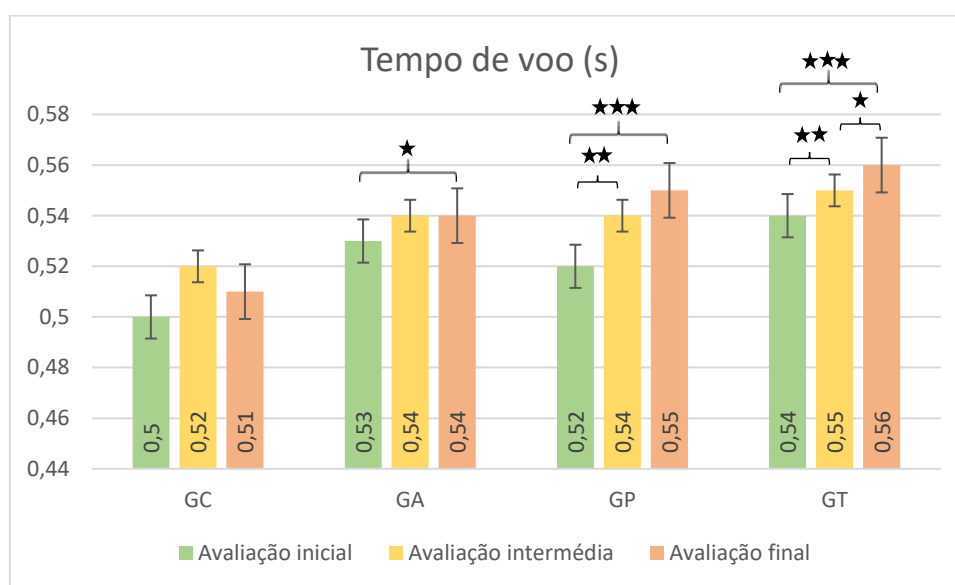


Figura 14: Tempo de voo, comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

O GA apresentou diferenças significativas entre a avaliação inicial e a avaliação final. O GP obteve diferenças significativas entre a avaliação inicial e momento de avaliação final e entre o momento inicial e a avaliação intermédia. Relativamente ao GT, existiram melhorias significativas entre todos os momentos de avaliação.

GA_1 com GA_3 $p=0,019$;

GP_1 com GP_2 $p=0,005$;

GP_1 com GP_3 $p=0,000$;

GT_1 com GT_2 $p=0,007$;

GT_1 com GT_3 $p=0,000$;

GT_2 com GT_3 $p=0,028$.

Tabela 6: Médias e desvios padrão relativos ao tempo de voo dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.

	Tempo de voo (s)			
	GC	GA	GP	GT
Avaliação inicial	0,50 ± 0,03	0,53 ± 0,05	0,52 ± 0,04	0,54 ± 0,05
Avaliação intermédia	0,52 ± 0,02	0,54 ± 0,05	0,54 ± 0,05	0,55 ± 0,05
Avaliação final	0,51 ± 0,01	0,54 ± 0,05	0,55 ± 0,04	0,56 ± 0,04

5.1.3 Velocidade do Takeoff

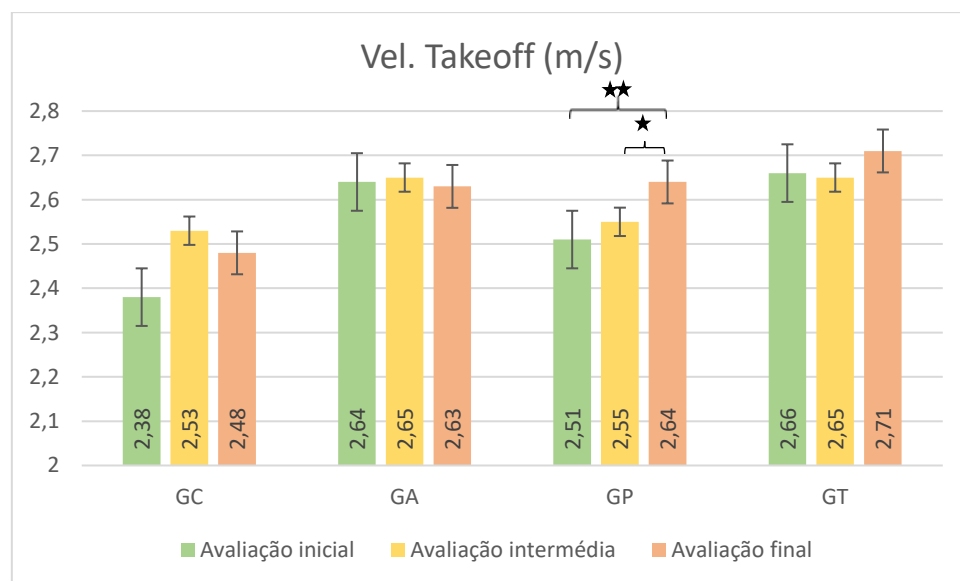


Figura 15: Velocidade ao takeoff (m/s), comparação intragrupo nos 3 momentos de avaliação. (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional). Diferenças significativas: * $p\leq 0,05$; ** $p\leq 0,01$; *** $p\leq 0,001$.

Apenas o GP apresentou diferenças significativas entre a avaliação inicial e a avaliação final e também entre a avaliação intermédia e a avaliação final.

GP_1 com GP_3 $p=0,001$;

GP_2 com GP_3 $p=0,050$.

Tabela 7: Médias e desvios padrão relativos à velocidade do takeoff dos 4 grupos (GC- grupo controlo; GA- grupo assistido; GP- grupo pliométrico; GT- grupo tradicional), nos 3 momentos de avaliação.

	Velocidade Takeoff(m/s)			
	GC	GA	GP	GT
Avaliação inicial	2,38 ± 0,18	2,64 ± 0,28	2,51 ± 0,19	2,66 ± 0,23
Avaliação intermédia	2,53 ± 0,09	2,65 ± 0,24	2,55 ± 0,24	2,65 ± 0,24
Avaliação final	2,48 ± 0,05	2,63 ± 0,24	2,64 ± 0,18	2,71 ± 0,19

5.2 Resultados do teste Kruskal Wallis com objetivo de determinar diferenças entre os grupos.

Através do teste estatístico Kruskal Wallis constatámos que houve diferenças significativas entre grupos no momento de avaliação final. Este teste foi usado para comparar duas ou mais amostras independentes de tamanhos iguais ou diferentes. A tabela 7 apresenta os valores de p obtidos nesse teste, comparando as diferenças entre grupos nos 3 momentos relativo às 3 variáveis.

Tabela 8: Valores de p para a variáveis tempo de voo, altura de salto e velocidade de take-off. Diferenças significativas $p<0.05$.

	Avaliação inicial	Avaliação intermédia	Avaliação final
Altura de salto (cm)	0,296	0,824	0,026
Tempo de voo (s)	0,296	0,824	0,026
Velocidade do Takeoff (m/s)	0,123	0,62	0,032

Foi observado que apenas no momento final de avaliação houve diferenças significativas entre grupos. Através do teste Mann Whitney foi determinado entre que grupos existiam diferenças significativas no momento final de avaliação.

5.3 Resultados do teste Mann Whitney com objetivo de identificar diferenças entre grupos no momento final de avaliação.

Tabela 9: Valor de p encontradas para a variável altura de salto entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p < 0.05$.

	Altura de salto			
	GA	GP	GT	GC
GA		0,257	0,086	0,045
GP	0,257		0,345	0,036
GT	0,086	0,345		0,006
GC	0,045	0,036	0,006	

GA com GC $p=0,045$

GP com GC $p=0,036$

GT com GC $p=0,006$

Na variável altura de salto, no momento final de avaliação existem diferenças significativas entre o GC com todos os outros grupos.

Tabela 10: Valor de p encontradas para a variável tempo de voo entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p < 0.05$.

	Tempo de voo			
	GA	GP	GT	GC
GA		0,257	0,086	0,045
GP	0,257		0,345	0,036
GT	0,086	0,345		0,006
GC	0,045	0,036	0,006	

GA com GC $p=0,045$

GP com GC $p=0,036$

GT com GC $p=0,006$

Com a variável tempo de voo, os resultados repetem-se relativamente à variável anterior. No momento final de avaliação há diferenças significativas entre o GC com todos os outros grupos.

Tabela 11: Valor de p encontradas para a variável velocidade do takeoff entre os diferentes grupos no momento final de avaliação. Diferenças significativas $p<0.05$.

Velocidade do Takeoff				
	GA	GP	GT	GC
GA		0,499	0,074	0,056
GP	0,499		0,248	0,071
GT	0,074	0,248		0,004
GC	0,056	0,071	0,004	

GT com GC $p=0,004$

Com variável velocidade do *takeoff* apenas se verificaram diferenças significativas entre o GC e o GT.

6. Discussão

Este estudo teve como principal objetivo determinar os efeitos de três programas distintos de treino pliométrico que incidiram no Ciclo alongamento encurtamento (CAE), componente natural da função muscular determinante na grande maioria dos desportos.

Pretendemos descrever as alterações que foram ocorrendo durante 11 semanas do estudo, comparando os valores da avaliação inicial com os da avaliação intermédia e final, pondo à prova diferentes programas de treino que acreditamos que induzam a melhorias do CAE, sendo eles:

O estudo contou com 4 grupos sendo eles:

O grupo controlo (GC), a que não foi atribuído nenhum programa de treino durante as 8 semanas. Apenas participavam nas avaliações. Este grupo serviu para comparar a evolução que foram tendo os restantes grupos.

O grupo de saltos tradicionais (GT), realizou todos os treinos com o peso corporal inalterado. Todos os exercícios envolviam a utilização do CAE mais lento.

O grupo de saltos pliométricos (GP), à semelhança do grupo anterior, durante todos os treinos permaneceu com o peso corporal inalterado. Neste caso o tempo do CAE relativamente ao grupo anterior tem uma duração mais curta. Exercícios como o *drop jump* são exemplo disso.

O grupo de saltos assistidos (GA), foi o único grupo do estudo que em alguns exercícios se recorreu a um instrumento auxiliar para a redução do peso corporal em 10% (nas primeiras 4 semanas de treino) e 20 % (nas 4 últimas semanas de treino). Os exercícios do programa de treino destinados a este grupo incidiam também no CAE. Contudo, neste caso os exercícios eram feitos numa zona da curva força-velocidade a qual não conseguiríamos chegar sem ajuda externa.

Depois das 8 semanas de treino tratamos os dados recolhidos a fim de perceber qual o seu efeito na melhoria da altura de salto, tempo de voo e velocidade do *takeoff* através do CMJ.

Alguns dos resultados obtidos neste estudo corroboram os resultados existentes na literatura relativamente ao treino assistido, embora outros estudos apontem resultados contrários aos que obtivemos, principalmente no caso da velocidade do *takeoff* (Tran et al., 2012; Tran et al., 2011).

Compreender como, em que período da temporada e que tipo de saltos usar, tendo em conta o nível do atleta, será o principal foco na discussão deste trabalho.

No nosso estudo, quando comparados os momentos de avaliação nos três grupos observam-se melhorias do início para o final do programa, nas 3 variáveis estudadas.

Relativamente à altura de salto todos os grupos tiveram melhoras significativas no final do programa, embora o GA em menor valor que os restantes grupos (GT e GP); contudo, estudos consultados mostram que o treino assistido é vantajoso para a melhoria da altura de salto (Argus et al., 2011; Cavagna et al., 1972; Tran et al., 2011). O grupo onde as melhorias foram de maior expressão foi o GT, onde em todos os momentos de avaliação, os resultados foram significativos.

Os sujeitos que expressaram superiores diferenças significativas na altura de salto e no tempo de voo foram os dos GP e GT, $p < 0.001$ para ambos os grupos, quando comparados o momento inicial e final de avaliação. No GA também foram obtidas melhorias significativas embora em menor escala que os anteriores, $p < 0.05$.

A altura de salto depende do tempo de voo, por isso, estas duas variáveis estão intimamente relacionadas, i.e., quando uma aumenta a outra aumenta obrigatoriamente. Nos resultados do nosso estudo isso é observado (figura 13, 14 e 15), corroborando assim Linthorne (2001) que afirma que a altura de salto depende do tempo de voo. Todos os grupos melhoraram significativamente

essas variáveis do primeiro momento de avaliação para a avaliação intermédia, e da avaliação inicial para a avaliação final (Linthorne, 2001).

Na comparação entre grupos só se observaram diferenças significativas na avaliação final. Todos os grupos se destacaram significativamente quando comparados com o GC nas variáveis altura de salto sendo $p < 0.05$ para GA e GC, $p < 0.05$ para GP e GC e $p < 0.01$ GT com GC. Já para o tempo de voo GA e GC apresentaram diferenças significativas, $p < 0.05$ para GP e GC e $p < 0.01$ para GT e GC. Na velocidade do *takeoff*, o único grupo que obteve diferenças significativas foi o GT. Estes resultados são contraditórios aos que apresentou Argus et al. (2011). Este autor afirma que o treino assistido permite uma superior velocidade de *takeoff* relativamente a exercícios sem assistência. Também Tran et al. (2012) concluiu que o trabalho assistido, sendo usado com um nível de assistência entre -10% a -40% do peso corporal pode aumentar a velocidade do *takeoff*, força de reação relativa no solo e a potência produzida, levando assim a uma maior altura de salto.

Em todos os programas de treino desenhados neste estudo eram esperadas melhorias na altura de salto, no tempo de voo e na velocidade do *takeoff*; efetivamente aconteceram, mas em diferentes magnitudes. Tudo nos levava a crer que o GT seria o que registaria menor evolução devido ao treino a que foi exposto, onde o CAE era mais lento. Os GP e GA seriam para nós os que teriam melhores resultados significativos, embora o GA com maior expressão.

De todos estes programas, o que nos levava a crer ser o mais efetivo era o GA, contudo, essas expectativas não foram totalmente confirmadas. Segundo a literatura tínhamos inicialmente especulado que o grupo que mais evoluiria nas 3 variáveis estudadas seria o GA. Também na literatura era referido que só atletas com experiência no treino de força e no treino pliométrico conseguiriam retirar proveitos acrescidos deste treino, no entanto verificámos melhorias muito significativas no GP e também no GT, reflexo do treino a que foram sujeitos: exercícios e meios de treino utilizados com iniciantes nesta prática.

Apenas na última avaliação foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, quando comparados com o GC. Isto diz-nos claramente, que o treino/trabalho pliométrico surte efeitos quando realizado continuamente e por um tempo mais alargado, pois as melhorias verificadas na avaliação intermédia existem, mas são mais significantes no final das 8 semanas de treino. Eventualmente, os resultados melhorariam com a continuação deste trabalho; naturalmente que esse crescimento não será indefinido, mas para tal, os meios e métodos desse treino teriam de ser cada vez mais especializados.

No início deste estudo, equacionámos que o GA seria o que obteria maiores diferenças nas três variáveis e se destacaria dos restantes. Argus et al. (2011) afirma que o treino assistido pode ser particularmente benéfico para atletas que já obtiveram altos níveis de força, mas não têm a capacidade de produzir maior potência de saída ou velocidade de movimento, especialmente com cargas baixas. Como todos os sujeitos da nossa amostra tinham pouca ou nenhuma experiência no treino de força e pliométrico, talvez esse fator possa ter sido responsável por estes resultados. Isto leva-nos a acreditar que para beneficiar do treino assistido, os atletas devem ter um nível de força e de treino pliométrico elevados, para assim tirarem o melhor partido deste método.

7. Conclusões

Neste estudo, onde foram confrontados 3 programas de treino diferentes com o intuito de perceber as alterações ocorridas no CAE, os resultados obtidos contrariam, em parte, aquilo que expectámos.

- 1- O treino assistido melhora a altura de salto e o tempo de voo;
- 2- O treino assistido permite obter melhores resultados com atletas mais evoluídos; sendo a nossa amostra sujeitos sem experiência prévia de treino não conseguimos confirmar;
- 3- O treino tradicional melhora a altura de salto e o tempo de voo;
- 4- O treino pliométrico melhora todas as variáveis estudadas;
- 5- O treino tradicional promove alturas de salto e tempos de voo superiores ao treino assistido.

Resumindo: a hipótese 1 concretiza-se no que toca à altura de salto e ao tempo de voo, mas não se verificou relativamente à velocidade do *takeoff*; a hipótese 2 considerava apenas o GT que confirmou apenas o já referido na hipótese 1 (não melhorou na velocidade do *takeoff*); a hipótese 3 confirma-se integralmente, pois o GP melhora significativamente nas 3 variáveis; a hipótese 4 não foi confirmada.

No final, e como conclusão, verificamos que apenas a hipótese 3 se verifica na totalidade e que a hipótese 1 se confirma parcialmente.

8. Bibliografia

- Aagaard, P., Andersen, J., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J., Crameri, R., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top-level cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(6), e298-e307.
- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1217-1222.
- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *Journal of applied physiology*, 93(4), 1318-1326.
- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjær, M. (2010). Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), 49-64.
- Andersen, L. L., & Aagaard, P. (2006). Influence of maximal muscle strength and intrinsic muscle contractile properties on contractile rate of force development. *European journal of applied physiology*, 96(1), 46-52.
- Andersen, L. L., Andersen, J. L., Zebis, M. K., & Aagaard, P. (2010). Early and late rate of force development: differential adaptive responses to resistance training? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20(1), e162-e169.
- Argus, C. K., Gill, N. D., Keogh, J. W., Blazevich, A. J., & Hopkins, W. G. (2011). Kinetic and training comparisons between assisted, resisted, and free countermovement jumps. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2219-2227.
- Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of Elastic Energy in Skeletal Muscles in Man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 385-392.
- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Vol. 302): Inde.
- Bartlett, R. (1999). *Reducing injury and improving performance*. London: Sports Biomechanics.
- Bassett, D. R. J. (2002). Scientific contributions of A. V. Hill: exercise physiology pioneer. *Journal of Applied Physiology*, 93(5), 1567-1582.
- Bosco, C., & komi, P. V. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106(4), 467-472.
- Cavagna, G., Saibene, F., & Margaria, R. (1964). Mechanical work in running. *Journal of applied physiology*, 19(2), 249-256.
- Cavagna, G. A., Dusman, B., & Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology*, 24(1), 21-32.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P., & Margaria, R. (1965). Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology*, 20(1), 157-158.
- Cavagna, G. A., Zamboni, A., Faraggiana, T., & Margaria, R. (1972). Jumping on the moon: power output at different gravity values. *Aerosp Med*, 43(4), 408-414.
- Cometti, G. (2007). *Los métodos modernos de musculación*: Editorial Paidotribo.
- Conceição, F. A. V. d. (2004). Estudo biomecânico do salto em comprimento: modelação, simulação e optimização da chamada.
- Corn, R. J., & Knudson, D. (2003). Effect of elastic-cord towing on the kinematics of the acceleration phase of sprinting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 72-75.

- Dapena, J., & Chung, C. S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(3), 290-302.
- Edman, K., Elzinga, G., & Noble, M. (1978). Enhancement of mechanical performance by stretch during tetanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibres. *The Journal of physiology*, 281(1), 139-155.
- Goldspink, G., & Harridge, S. (1992). Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. *Strength and power in sport*, 3, 231-251.
- GonzalezBadillo, J. J., & Ayestarán, E. G. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo.*: Inde.
- Grosser, M. (1992). *Entrenamiento de la velocidad: fundamentos, métodos y programas*: Martínez Roca.
- Häkkinen, K., Alen, M., & Komi, P. (1984). Neuromuscular, anaerobic, and aerobic performance characteristics of elite power athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 53(2), 97-105.
- Harman, E. (1993). Exercise physiology: Strength and power a definition of terms. *Strength & Conditioning Journal*, 15(6), 18-21.
- Imachi, I., Sasayama, S., & Man-I, M. (1994). The Effect of suspension training in developing vertical jumping ability. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(6), 703.
- Katz, B. (1939). The relation between force and speed in muscular contraction. *The Journal of Physiology*, 96(1), 45-64.
- Kilani, H., Palmer, S., Adrian, M., & Gapsis, J. (1989). Block of the stretch reflex of vastus lateralis during vertical jumps. *Human Movement Science*, 8(3), 247-269.
- Knudson, D. (2007). *Fundamentals of Biomechanics* (Second Edition ed.). California USA.
- Knuttgen, H. G., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and Measurement in Exercise Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 1(1), 1-10.
- Komi, P. V. (1984). Physiological and Biomechanical Correlates of Muscle Function: Effects of Muscle Structure and Stretch—Shortening Cycle on Force and Speed. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 12(1), 81-122.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyröläinen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(1), 166-173.
- Lees, A., & Fahmi, E. (1994). Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics*, 37(1), 141-148.
- Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69(11), 1198-1204.
- López-Calbet, J., Arteaga, R., Chavaren, J., & Dorado, C. (1995). Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares. *Archivos de Medicina del Deporte*, 12(47), 219-223.
- Manso, J. M. G., Caballero, J. A. R., & Valdivielso, M. N. (1996). *Bases teoricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: S.L.Gymnos.
- Mouche, M. (2001). Evaluación de la potencia anaeróbica con ergojump. *Lecturas Educación Física y Deportes. Revista digital*, 30.
- Norman, R. W., & Komi, P. V. (1979). Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106(3), 241-248.
- Paradisis, G. P., & Cooke, C. B. (2006). The effects of sprint running training on sloping surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 767-777.
- Schmidtbleicher, D. (1985). Neurophysiologische Aspekte des Sprungkrafttrainings. *Zur Praxis des Sprungkrafttrainings*, 56-72.
- Sheppard, J. M., Dingley, A. A., Janssen, I., Spratford, W., Chapman, D. W., & Newton, R. U. (2011). The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players. *Journal of science and medicine in sport*, 14(1), 85-89.

- Shorten, M. R. (1987a). Muscle elasticity and human performance. In *Current research in sports biomechanics* (Vol. 25, pp. 1-18): Karger Publishers.
- Shorten, M. R. (1987b). Muscle Elasticity and Human Performance. *Medicine and sport science*, 25(25), 1-18.
- Taber, C., Bellon, C., Abbott, H., & Bingham, G. E. (2016). Roles of Maximal Strength and Rate of Force Development in Maximizing Muscular Power. *Strength & Conditioning Journal*, 38(1), 71-78.
- Tillin, N. A., Pain, M. T. G., & Folland, J. P. (2012). Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Experimental Physiology*, 97(5), 630-641.
- Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., Lynn, S. K., & Dabbs, N. C. (2012). Effects of assisted jumping on vertical jump parameters. *Current Sports Medicine Reports*, 11(3), 155-159.
- Tran, T. T., Brown, L. E., Coburn, J. W., Lynn, S. K., Dabbs, N. C., Schick, M. K., Schick, E. E., Khamoui, A. V., Uribe, B. P., & Noffal, G. J. (2011). Effects of different elastic cord assistance levels on vertical jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3472-3478.
- Verhoshanski, Y. (1966). Perspectives in the improvement of speed-strength preparation of jumpers. *Track and Field*, 9, 11-12.
- Verkhoshansky, Y. (2006). *Todo sobre el método pliométrico* (Vol. 24): Editorial Paidotribo.
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 4(3), 2-8.
- Wilt, F. (1978). Plyometrics-What it is and how it works. *Modern Athlete and Coach*, 16, 9-12.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training: Human Kinetics*.